

城市轨道交通既有结构安全保护技术规范

Technical specification for safety protection of existing structures in urban rail transit

2025 - 03 - 19 发布

2025 - 04 - 19 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 安全控制 3

 5.1 外部作业影响等级 3

 5.2 安全控制指标 4

6 调查检测与安全评估 5

 6.1 通用要求 5

 6.2 现状调查 5

 6.3 检测 5

 6.4 安全评估 5

7 外部作业控制 6

 7.1 通用要求 6

 7.2 基坑工程 6

 7.3 隧道工程 7

 7.4 地基基础工程 8

 7.5 道路及桥梁工程 8

 7.6 管线工程 9

 7.7 连通工程 9

 7.8 钻探工程 9

 7.9 地下水控制工程 9

 7.10 其他工程 10

8 监测 10

 8.1 通用要求 10

 8.2 监测项目 10

 8.3 监测范围与监测点布置 12

 8.4 监测频率与周期 12

 8.5 监测预警 12

9 信息化平台建设 13

附录 A（规范性） 接近程度和外部作业的工程影响分区 14

 A.1 外部作业接近程度 14

 A.2 外部作业的工程影响分区 18

附录 B（资料性） 既有结构现状调查及监测范围 24

 B.1 既有结构现状调查范围 24

 B.2 既有结构监测范围 24

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

城市轨道交通既有结构安全保护技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通既有结构安全保护在安全控制、调查检测与安全评估、外部作业控制、监测及信息化平台建设等方面的要求。

本文件适用于地铁、轻轨、市域快速轨道系统等已建成的城市轨道交通结构的安全保护工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32852.3—2024 城市客运术语 第3部分：城市轨道交通
GB/T 39559（所有部分） 城市轨道交通设施运营监测技术规范
GB 50026 工程测量标准
GB 50061 66 kV及以下架空电力线路设计规范
GB 50156—2021 汽车加油加气加氢站技术标准
GB 50157 地铁设计规范
GB 50183—2004 石油天然气工程设计防火规范
GB 50545 110kV~750kV架空输电线路设计规范
GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
CJJ/T 202—2013 城市轨道交通结构安全保护技术规范
CJJ/T 289 城市轨道交通隧道结构养护技术标准
JGJ 8 建筑变形测量规范
TB 10003—2016 铁路隧道设计规范

3 术语和定义

GB/T 32852.3—2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

既有结构 existing structure

已建成的城市轨道交通结构。

3.2

外部作业 exterior action

在城市轨道交通既有结构周边进行的可能对其产生影响的作业。

[来源：CJJ/T 202—2013，2.0.3]

3.3

影响等级 influence class

外部作业对城市轨道交通既有结构安全影响程度的分级。

[来源：CJJ/T 202—2013，2.0.5]

3.4

安全评估 safety impact assessment

根据外部作业的设计方案、施工方案及既有结构的现状调查、检测情况等，评估外部作业对城市轨道交通既有结构安全影响的工作。

3.5

地下水控制工程 groundwater control engineering

直接或间接诱发城市轨道交通既有结构周边水位变化或水质变化的排水、降水、截水或回灌水工程。

[来源：CJJ/T 202—2013，2.0.8，有修改]

3.6

连通工程 connectivity engineering

采用与预留接口连通或改造连通既有结构的方式，实现外部结构与城市轨道交通设施相连接的工程。

3.7

监测预警等级 connectivity engineering

根据累计实测值与其相应的结构安全控制指标值的比值，对城市轨道交通既有结构实行监测预警管理的分级。

[来源：CJJ/T 202—2013，2.0.12，有修改]

4 总体要求

4.1 城市轨道交通沿线应设置保护区，设置范围应符合下列规定：

- a) 地下车站和隧道结构外边线外侧 50 m 内；
- b) 地面车站和地面线路、高架车站和高架线路结构以及车辆基地用地范围外边线外侧 30 m 内；
- c) 其他结构外边线外侧 10 m 内；
- d) 过海、过湖、过河等水域的隧道及桥梁结构外边线外侧 100 m 内；
- e) 遇特殊的工程地质、水文地质或特殊的外部作业时，适当扩大保护区范围。

4.2 城市轨道交通既有结构安全保护的对象应包括下列内容：

- a) 地下车站及隧道结构；
- b) 地面、高架车站和区间结构；
- c) 出入口、风亭、冷却塔、联络通道、车辆基地、控制中心、变电所、电缆通道等建(构)筑物。

4.3 城市轨道交通保护区应设置保护区标志。

4.4 外部作业实施前，应掌握城市轨道交通既有结构安全状况和保护要求，并收集相应资料。

4.5 城市轨道交通既有结构安全保护应对城市轨道交通保护区进行安全巡查，可采用多种巡查手段相结合的方式，包括人工巡查及视频监控、无人机、卫星遥感等新技术巡查手段。

4.6 在城市轨道交通既有结构周边进行外部作业时，应制定外部作业专项设计、施工方案、既有结构安全防护方案及监测方案，外部作业不应影响城市轨道交通的安全运营及既有结构的正常使用、承载能力、耐久性和其他特殊功能。

4.7 拟建建(构)筑物与城市轨道交通既有结构的净距控制值应根据线路特征、运营要求、工程及水文地质条件、周边环境及城市轨道交通既有结构采用的施工方法等因素综合确定。

4.8 与城市轨道交通地面及高架区间交叉或并行的其他新建设施应采取可靠的安全防护措施。

4.9 石油、天然气等易燃易爆物管道与城市轨道交通既有结构的净距控制值应按照 GB 50183—2004 中第 4 章规定，综合考虑其防火、防爆、防腐的安全保护要求后确定；金属材质的管道应采取杂散电流防护措施。

4.10 汽车加油加气站与城市轨道交通既有结构的净距控制值应按照 GB 50156—2021 中第 4 章确定。

5 安全控制

5.1 外部作业影响等级

- 5.1.1 外部作业影响等级应根据工程地质与水文地质条件、外部作业与既有结构的
空间关系、既有结构类型及现状、外部作业特点等进行判定。
- 5.1.2 外部作业影响等级应按表 1 进行判定，其中接近程度和外部作业的工程影响分区应按附录 A 确定。

表1 外部作业影响等级的判定

外部作业的工程影响分区	接近程度			
	非常接近	接近	较接近	不接近
强烈影响区（A）	特级	特级	一级	二级
显著影响区（B）	特级	一级	二级	三级
一般影响区（C）	一级	二级	三级	四级
较小影响区（D）	二级	三级	四级	—

- 5.1.3 特殊情况下外部作业影响等级按下列要求调整：
- a) 当城市轨道交通既有结构处于复杂的工程地质和水文地质条件或存在地质灾害的情况时，影响等级应提高一级，且不宜低于一级；
 - b) 当城市轨道交通既有结构所处的围岩级别为 I～III 级时，影响等级可降低一级；围岩级别为 VI 级的软土地区时，影响等级应提高一级，特级时不再提高。围岩级别应按照 TB 10003—2016 中 4.3 的规定执行；
 - c) 对于采取降水措施的外部作业工程，影响等级应提高一级。
- 5.1.4 外部作业为道路、管线及绿化等工程时，满足表 2 条件的可判定为简易工程。简易工程不再进行影响等级判定。

表2 简易工程判定条件

外部作业类型		简易工程判定条件			
		开挖深度/ 管底埋深	开挖宽度/开挖范围控制原则	有无支护 结构施工	特别规定
新建道路或道路改扩建工程		≤1.0m	不影响下伏既有结构 抗浮稳定性	无	需对道路软基进行处理或路基回填采用振动压实措施的除外
新建管线工程	明挖法	≤2.0m	不影响下伏既有结构 抗浮稳定性	无	下穿既有高架结构管线工程除外
	拖管法	≤2.0m	—	—	拖管施工误差不超过 1%
绿化种植、景观改造工程		≤2.0m	不影响下伏既有结构 抗浮稳定性	无	绿化种植、景观改造产生的附加荷载不超过既有结构设计限值
其他工程		≤2.0m	不影响下伏既有结构 抗浮稳定性	无	采用振动较大施工工艺或在既有高架结构下方作业的工程除外

- 5.1.5 对不满足表 2 判定条件的道路、管线及绿化工程等外部作业，若施工作业面与既有结构外边线外侧相对净距不小于 10 m，经现场确认对既有结构无影响后，可判定为简易工程。

5.2 安全控制指标

- 5.2.1 既有结构安全控制指标包括:位移、差异沉降、相对收敛、变形曲率半径、变形相对曲率、结构裂缝、管片接缝张开量、附加荷载、振动速度等。
- 5.2.2 既有结构安全控制指标应根据城市轨道交通既有结构的类型及状态、运营安全要求、外部作业特点及 GB 50157 相关规定综合确定。
- 5.2.3 由外部作业引起的城市轨道交通既有结构的综合影响应按照表 3～表 8 的要求进行控制，且不应影响既有结构的正常使用。

表3 隧道结构安全控制值

安全控制指标	控制值
水平位移	<15 mm
竖向位移	<15 mm
径向收敛	<15 mm
结构外壁附加荷载	≤20 kPa
隧道变形曲率半径	>15 000 m
隧道变形相对曲率	<1/2 500
盾构管片接缝张开量	<2 mm
盾构管片裂缝宽度	<0.2 mm

表4 地下车站及附属结构安全控制值

安全控制指标	控制值
水平位移	<15 mm
竖向位移	<15 mm
变形缝差异沉降	<10 mm
结构外壁附加荷载	≤20 kPa

表5 轨道及道床安全控制值

安全控制指标	控制值
轨道横向高差	<4 mm
轨向高差（矢度值）	<4 mm
轨间距	>-4 mm 且 <6 mm
道床脱空量	≤5 mm

表6 地面线路结构安全控制值

安全控制指标	整体道床沉降	碎石道床沉降	过渡段沉降
控制值	<10 mm	<15 mm	<5 mm

表7 高架线路结构安全控制值

安全控制指标	承台或墩柱水平位移	承台或墩柱竖向位移	相邻墩柱差异沉降	立柱倾斜
--------	-----------	-----------	----------	------

控制值	<15 mm	<15 mm	<10 mm	<1‰
-----	--------	--------	--------	-----

表8 其他安全控制值

安全控制指标	混凝土构件裂缝宽度	车站与附属结构交接处差异沉降	振动速度
控制值	<0.2 mm	<10 mm	0.5 cm/s

6 调查检测与安全评估

6.1 通用要求

- 6.1.1 城市轨道交通既有结构现状调查应针对外部作业影响范围内的既有结构现状病害、新增病害开展调查，初步确定病害程度，并对病害位置开展结构检测。
- 6.1.2 城市轨道交通保护区外部作业应根据既有结构的现状调查和检测结果开展安全评估。

6.2 现状调查

- 6.2.1 城市轨道交通既有结构现状调查包括工前调查、过程调查以及工后调查。现状调查应清晰、准确，宜采用技术先进、信息全面的手段，并编制调查报告，保留影像数据。
- 6.2.2 城市轨道交通既有结构现状调查的范围宜按 B.1 确定。
- 6.2.3 外部作业实施前应开展工前调查，调查的主要内容包括收集既有结构累计变形数据、加固维修及前期外部作业扰动记录等资料，现场调查既有结构的渗漏水、开裂、剥离、掉块、倾斜等病害情况。
- 6.2.4 外部作业实施过程中出现以下情况之一时，应及时开展过程调查工作：
- a) 既有结构监测数据达到或超过控制值的 60%；
 - b) 既有结构原有病害特征发生变化或出现新增病害；
 - c) 发生影响城市轨道交通既有结构安全的施工行为。
- 6.2.5 工后调查应在外部作业完成且监测数据稳定之后开展，调查的主要内容与工前现场调查相同，并重点关注新增病害及病害的发展情况。

6.3 检测

- 6.3.1 工前调查、过程调查及工后调查发现的城市轨道交通既有结构现状病害或新增病害达到表 9 规定的任一情况时，均应开展既有结构检测工作，并出具检测报告。

表9 既有结构检测开展条件

病害类型	既有结构检测开展条件
结构裂缝状态	裂缝宽度大于等于0.2 mm
渗漏水状态	渗漏水使得道床状态恶化，钢轨腐蚀；结构湿迹、渗水及排水不良，结构内局部积水

- 6.3.2 既有结构检测的技术要求应满足 GB/T 39559（所有部分）和 CJJ/T 289。

6.4 安全评估

- 6.4.1 安全评估应包括外部作业影响预评估、外部作业施工过程评估和外部作业影响后评估。
- 6.4.2 外部作业影响预评估应在外部作业实施前，预测外部作业对城市轨道交通既有结构的影响程度，评估外部作业设计、施工方案的可行性。
- 6.4.3 外部作业影响预评估报告应包括以下内容：

- a) 城市轨道交通保护区范围;
 - b) 外部作业与城市轨道交通既有结构的空間位置关系;
 - c) 城市轨道交通既有结构类型及现状;
 - d) 外部作业影响等级判定;
 - e) 理论计算分析;
 - f) 外部作业及城市轨道交通既有结构监测要求;
 - g) 针对城市轨道交通既有结构的影响分析、风险管控措施及应急预案建议。
- 6.4.4 城市轨道交通保护区內存在时空相近的多項外部作业时, 安全评估应综合分析多项目实施对城市轨道交通既有结构产生的叠加效应。
- 6.4.5 城市轨道交通既有结构的计算分析应与外部作业施工工况相匹配, 并根据现行相关国家及地方标准进行验算。
- 6.4.6 若既有结构存在较大变形、严重病灾或经过维修加固等情况, 安全控制值应根据现状调查和检测结果进行调整。
- 6.4.7 外部作业实施过程中, 若城市轨道交通既有结构的监测预警等级达到橙色预警, 应暂停外部作业, 进行外部作业施工过程评估, 及时评估既有结构当前的安全状态, 制定相应安全保护措施。
- 6.4.8 若外部作业实施过程中发生设计、施工方案变更, 应重新评估对既有结构安全的影响。
- 6.4.9 外部作业实施完成后, 若既有结构监测结果超过控制值或发生严重病害, 应开展外部作业影响后评估, 并根据既有结构安全和运营安全要求, 提出相应的修复、加固等治理措施建议。

7 外部作业控制

7.1 通用要求

- 7.1.1 外部作业不应影响城市轨道交通既有结构的安全和正常使用, 不应影响城市轨道交通的运营安全。
- 7.1.2 城市轨道交通保护区內的外部作业实施前, 应根据工程地质与水文地质条件、外部作业与既有结构的空間关系、既有结构类型及现状、外部作业特点等, 制定外部作业专项设计、施工方案、既有结构安全防护方案及监测方案。
- 7.1.3 外部作业的专项设计、施工方案及既有结构安全防护方案, 应综合分析外部作业施工阶段及运营阶段加载、卸载、振动、地下水环境对城市轨道交通既有结构的直接不利影响, 同时应分析因外部作业引起周边建(构)筑物、地下管线破坏对既有结构产生的间接不利影响。
- 7.1.4 外部作业施工前, 应在施工现场对城市轨道交通既有结构边界进行标识。
- 7.1.5 外部作业使用的坐标系统应与城市轨道交通既有结构的坐标系统统一协调。
- 7.1.6 当外部作业采用爆破工艺时, 爆破时间不应在城市轨道交通运营高峰期进行。爆破前应进行试爆作业, 并对爆破振动速度进行监测, 根据试爆效果及监测数据确定爆破方案。
- 7.1.7 外部作业邻近城市轨道交通地面或高架结构时, 机械设备站位及作业范围应与既有结构保持安全距离, 并采取防倾覆措施。
- 7.1.8 外部作业应分析城市轨道交通运营对其产生的环境影响, 并做好相关控制措施。

7.2 基坑工程

- 7.2.1 基坑工程设计应综合分析清障、施工通道、材料堆场、施工超载、地层加固、降水、土(石)方开挖、支护结构施工及拆除、主体结构回筑、肥槽回填等基坑相关外部作业的不利影响。
- 7.2.2 当基坑工程的影响等级为特级、一级时, 基坑支护设计应选择整体稳定性好、结构刚度较大、施工扰动小的支护体系, 并提出分阶段的变形控制要求和措施。

7.2.3 对于沿城市轨道交通既有结构方向边长较长或面积较大的基坑工程，宜结合工程地质、水文地质及影响等级等，采取分区施工措施，并综合分析分区施工的叠加影响。

7.2.4 基坑支护结构、地基加固、桩基础、抗浮结构等应与城市轨道交通既有结构保持安全距离，并采取措施减少施工过程对城市轨道交通既有结构的扰动。

7.2.5 基坑支护结构、止水帷幕、地层加固及肥槽回填等施工应选择对环境影响小的设备及工艺，并应通过现场试验确定施工控制参数。

7.2.6 施工场地布置设计时，应综合分析临时建筑、机械设备、运输车辆、材料堆场、塔吊等方面对城市轨道交通既有结构的附加应力影响。

7.2.7 基坑支护结构及地层加固施工符合下列规定：

- a) 基坑支护结构施工前，应对支护结构施工区域内的地下障碍物、管线等进行详细的探摸。存在地下障碍物时，应进行清除，并制定专项清障方案。需对地下障碍物进行破（切）除的，宜优先采用静力切割工艺；
- b) 灌注桩排桩成孔宜采用旋挖工艺，并在孔位埋设护筒，护筒埋设应进入稳定地层；
- c) 地层加固应先施工邻近城市轨道交通既有结构侧，后施工远离城市轨道交通既有结构侧，沿基坑边宜采用分段施工，并宜结合信息化手段动态调整技术参数。

7.2.8 当基坑工程的影响等级为特级、一级时，邻近城市轨道交通既有结构侧肥槽应采用素混凝土或预拌流态固化土等材料回填密实。

7.3 隧道工程

7.3.1 明挖法隧道工程的相关要求可按照 7.2 执行。

7.3.2 穿越或并行城市轨道交通既有结构的隧道工程，其设计、施工方案应综合分析工程地质与水文地质条件、穿越净距、场地环境等因素，并应优先选用施工扰动较小的非爆破开挖技术。

7.3.3 隧道工程宜优先从城市轨道交通既有结构上部采用大半径、大交角穿越，并应避开既有结构的变形缝、结构开洞等薄弱位置。

7.3.4 隧道工程上跨城市轨道交通既有结构时应分析地层卸载的影响，并预留配重材料堆放条件，采用机械掘进时，应分析设备自重对城市轨道交通既有结构的附加应力影响。

7.3.5 隧道工程下穿城市轨道交通既有结构时，其结构安全性、耐久性等不宜低于所下穿的城市轨道交通既有结构的设计标准。

7.3.6 隧道工程穿越城市轨道交通既有结构时，应对不良地层进行预加固或止水处理。

7.3.7 隧道工程采用盾构法穿越城市轨道交通既有结构时，符合以下规定：

- a) 隧道掘进设备应综合分析工程及水文地质条件、城市轨道交通既有结构的类型及现状等因素进行选型；
- b) 并行隧道最小净距不宜小于 $1.0b$ （ b 为外部作业隧道的毛洞跨度），穿越隧道最小净距不宜小于 $0.5b$ ；
- c) 穿越施工前应设置试验段，根据试验结果确定施工参数；穿越前应进行全面的设备检修保养，穿越期间应匀速连续施工，不宜在穿越影响区内进行换刀、停机和姿态大幅度调整等作业；
- d) 盾构法穿越时应严格控制同步注浆质量、注浆量和注浆压力，并及时进行二次注浆，保证空隙填充密实。

7.3.8 隧道工程采用顶管法穿越城市轨道交通既有结构时，应符合以下规定：

- a) 顶管机穿越时严格控制减摩泥浆质量、注浆量和注浆压力，保证减摩效果，并保证洞口和管节接头密封不渗漏；
- b) 顶管机顶进结束后，对穿越城市轨道交通既有结构处的隧道进行浆液固化，并遵循“多点、少量、多次、均匀”的原则。

7.3.9 隧道工程采用矿山法穿越城市轨道交通既有结构时，应符合以下规定：

- a) 隧道工程采用复合式衬砌，初期支护的强度和刚度能够承受施工期间的全部荷载，并能有效的控制周边地层变形；
- b) 优先选用振动较小的开挖方式，振动速度控制指标满足 5.2.3 规定。

7.4 地基基础工程

7.4.1 地基基础工程的设计应分析施工阶段及正常使用阶段附加应力及变形对城市轨道交通既有结构的不利影响。

7.4.2 浅基础设计时，应加强条形基础刚度或采用十字交叉条形基础，宜采用筏板基础。

7.4.3 桩基础设计应分析施工阶段、正常使用阶段承台侧面及底部附加应力、桩侧摩阻力和桩端阻力等引起的城市轨道交通既有结构受力状态变化。

7.4.4 桩基工程应在施工前进行桩位复核。

7.4.5 桩基础宜优先选用非挤土桩。当采用挤土或半挤土桩时，应采用低扰动沉桩工艺，自邻近既有结构侧由近及远施工，并采用预钻孔、设置防挤沟或隔离墙等措施减少挤土效应。

7.4.6 钻孔灌注桩的设计与施工符合下列规定：

- a) 距离城市轨道交通既有结构较近且存在不良地质时，可采取埋设全护筒、增加泥浆比重、地层预加固、跳桩施工等措施减少成桩施工影响；
- b) 当桩身位于硬岩地层，桩基成孔应采用对环境影响小的成孔工艺及参数，降低振动、噪声对城市轨道交通既有结构及运营的不利影响。振动速度控制指标应满足 5.2.3 规定。

7.4.7 地基处理应采用对环境影响小的施工工艺，不应在既有结构上方采用预压、锤击、强夯、挤(振冲)密等地基处理工艺。

7.4.8 当采用搅拌桩、旋喷桩等地基加固工艺时，应选取试验段评估地基加固效果及对城市轨道交通既有结构的影响，确定施工参数。

7.5 道路及桥梁工程

7.5.1 道路工程设计与施工应综合分析开挖卸载、加载、施工荷载及车辆动荷载、施工振动等对城市轨道交通既有结构安全的不利影响，并符合下列规定：

- a) 当道路工程跨越或穿越城市轨道交通既有结构时，宜采用正交方式；
- b) 道路工程的标高设置应满足城市轨道交通既有结构的抗浮要求；
- c) 道路施工不宜采用振动碾压。确需采用振动碾压施工的，应对城市轨道交通既有结构进行振动速度监测，振动速度控制指标应满足 5.2.3 规定；
- d) 道路工程下穿城市轨道交通高架结构时，应根据桥下净空条件选择施工车辆及机械设备，并应设置限高限宽等警示标志；
- e) 道路工程下穿城市轨道交通高架结构或邻近城市轨道交通隧道时，应设置永久防护、防撞设施；
- f) 道路工程路基处理应按照 7.4 执行。

7.5.2 桥梁工程设计与施工应符合下列规定：

- a) 桥梁工程穿越城市轨道交通高架结构时，优先采用下穿方式；
- b) 桥梁工程上跨城市轨道交通地面或高架结构时，满足城市轨道交通行车限界要求，竖向净空结合桥梁沉降量及竖向挠度进行设置；
- c) 桥梁工程上跨城市轨道交通地下结构时，桥梁基础选型以转移或分散基础荷载为原则。桥梁上部结构施工分析主梁架设临时支座附加应力、车辆及吊装设备荷载对城市轨道交通地下结构的不利影响；

- d) 桥梁工程穿越城市轨道交通高架结构时，设置永久防护、防撞设施；
- e) 桥梁工程浅基础、桩基础按照 7.4 执行；承台基坑按照 7.2 执行。

7.6 管线工程

7.6.1 管线工程采用明挖法敷设时，设计与施工应按照 7.2 执行；采用盾构法、顶管法施工时，设计与施工应按照 7.3 执行。

7.6.2 管线工程不宜在既有结构正上方设置管线工作井。

7.6.3 管线工程采用定向钻法施工时，符合下列规定：

- a) 穿越城市轨道交通既有结构时，管线设计轨迹与既有结构净距不宜小于 6 m；
- b) 应严格控制导向钻孔轴线，宜使用有线测量导向控制系统实施导向孔钻进；
- c) 应选择适于管径的刀头，减小管道和拖管扩孔的空隙；
- d) 施工结束后，管线与回扩孔之间空隙应注浆充填密实。

7.6.4 金属材质的管线应采取杂散电流防护措施。

7.7 连通工程

7.7.1 连通工程应满足城市轨道交通既有结构的建筑功能和安全性需求，维持既有结构的使用年限，不应降低其安全性和耐久性。

7.7.2 与城市轨道交通连接处结构的破除、改造、防水、基坑支护等均应进行专项设计，且应采取对既有结构及运营影响小的实施方案。

7.7.3 与城市轨道交通既有结构连接处开口部位应设置固定式防洪防涝挡墙或临时防洪防涝措施，设防标准应不低于相连城市轨道交通既有结构的设防标准。

7.7.4 新建结构的防洪防涝设防能力形成之前，不应破除城市轨道交通既有结构与其连通。

7.8 钻探工程

7.8.1 钻探孔距离城市轨道交通既有结构外边线的最小水平距离不宜小于 10 m。

7.8.2 钻探工程实施前，应对钻探孔进行孔位复核，钻探孔位置不应擅自调整、更改。

7.8.3 钻探孔完成后应封闭孔位，不应长时间暴露钻探孔。

7.9 地下水控制工程

7.9.1 城市轨道交通保护区内的地下水控制工程，应符合下列规定：

- a) 避免城市轨道交通既有结构周边地层发生流砂、管涌等渗流破坏；
- b) 城市轨道交通既有结构周边存在深厚砂层、软土、岩溶及土洞等特殊性地层时，严格控制地下水位的下降幅度及变化速率；
- c) 地下水控制工程施工前预测潜水水位变化或承压水头变化对城市轨道交通既有结构的附加应力、变形及稳定性影响。

7.9.2 城市轨道交通保护区内的地下水控制工程方案，符合下列规定：

- a) 应结合工程地质与水文地质条件、降水要求、城市轨道交通既有结构状况综合采用合适的截水、排水、降水或回灌等地下水控制技术；
- b) 地下水控制工程的作业空间宜形成封闭的截水系统。当遇强透水性的地层，当采用落底式竖向截水帷幕难以形成有效的封闭截水系统时，可采用悬挂式竖向截水帷幕与水平封底隔渗相结合的地下水控制措施；
- c) 当涉及承压水时，应优先采用隔断承压含水层方案；若难以隔断承压含水层，应增加绕流路径减小既有结构处的承压水头损失，既有结构侧宜采取回灌措施；

d) 地下水控制工程完成后应对降水井、回灌井等进行有效封堵。

7.10 其他工程

7.10.1 架空电力线路实施应符合下列规定：

- a) 上跨城市轨道交通地面及高架结构时，满足 GB 50061、GB 50545 的相关规定；
- b) 架空电力线路施工临时防护措施（如封闭网、绝缘杆等）与轨道及接触网等的净距满足城市轨道交通行车安全及运营维保的要求；
- c) 架空电力线路的跨越架体与城市轨道交通既有结构边线投影的最小水平距离不小于 10m；
- d) 跨越架体搭设及跨越作业在城市轨道交通停运期间实施；大风、雨雪等恶劣天气时，不进行跨越架体搭设及跨越作业。

7.10.2 园林绿化工程实施符合下列规定：

- a) 城市轨道交通地面结构和高架结构保护区内的地形设计应遵循对称平衡原则；
- b) 城市轨道交通保护区内不宜新增大型水体景观；
- c) 城市轨道交通地下结构上方的新增绿化种植设计宜以灌木和草本植物为主；若在埋深较浅的地下结构上方种植乔木，应做好阻根等结构保护措施。

7.10.3 水域作业应符合下列规定：

- a) 船只不在保护区内进行采砂、拖锚、抛锚作业；
- b) 水下清淤作业保证城市轨道交通隧道结构上方覆土厚度不小于设计要求；
- c) 水域作业邻近城市轨道交通高架结构时，避免撞击水中桥墩和桥面结构。

8 监测

8.1 通用要求

- 8.1.1 当外部作业影响等级为特级、一级、二级时，应对其影响的城市轨道交通既有结构进行监测；影响等级为三级时，宜进行监测。
- 8.1.2 城市轨道交通既有结构监测方案应根据外部作业影响等级、既有结构特征及安全评估成果编制。
- 8.1.3 城市轨道交通既有结构宜采用自动化监测，并定期开展人工复核和巡查。
- 8.1.4 基准点应布设在外部作业影响范围以外的稳定区域，并应定期复测。
- 8.1.5 监测项目、方法、精度等技术要求应满足 GB 50026、GB 50911、JGJ 8 和 CJJ/T 202—2013 中第 7 章的相关规定。

8.2 监测项目

8.2.1 监测项目应能反映外部作业对城市轨道交通既有结构安全的影响，并应根据外部作业影响等级按照表 10 的要求确定。

表10 既有结构监测项目

序号	监测对象和监测项目		外部作业影响等级			
			特级	一级	二级	三级
1	车站	竖向位移	●	●	●	○

2			水平位移	●	●	●	△
3	附属结构		竖向位移	●	●	●	○
4			水平位移	●	●	●	△
5	区间 (地下段)	盾构法/ 矿山法	竖向位移	●	●	●	○
6			水平位移	●	●	○	△
7			相对收敛	●	●	●	△
8		矩形段	竖向位移	●	●	●	○
9			水平位移	●	●	○	○
10		区间 (地上段)	高架	道床竖向位移	●	●	○
11	桥墩竖向位移			●	●	●	○
12	桥墩倾斜			●	●	○	△
13	桥墩水平位移			●	●	○	△
14	地面线		竖向位移	●	●	●	○
15			水平位移	●	●	●	○
●表示应测，○表示宜测，△表示可测。							

8.2.2 当外部作业产生爆破振动或机械振动时，应对振动影响范围内的城市轨道交通既有结构进行振动速度监测。

8.2.3 外部作业项目施工期间应做好外部作业项目本体、周边岩土体和周边环境的监测。当邻近城市轨道交通侧为基坑工程作业时，应在邻近既有结构侧加密布置岩土体深层水平位移、围护结构顶部水平位移、围护结构顶部竖向位移、支撑轴力、地下水位、地表沉降等监测项目。

8.2.4 既有结构监测项目的主要监测仪器要求宜按表 11 的要求确定。

表11 主要监测仪器要求

序号	监测项目	监测仪器	仪器精度
1	竖向位移	静力水准仪、全站仪、水准仪	水准仪：0.3 mm/km；全站仪：0.5″，1mm+1ppm
2	水平位移、倾斜	全站仪、倾角计	全站仪：0.5″，1 mm+1 ppm；倾角计：0.001°
3	相对收敛	全站仪、测距仪	全站仪：0.5″，1 mm+1 ppm；测距仪：1.0 mm
4	振动速度	速度传感器	1.0%F·S（ppm）

8.2.5 监测仪器、设备应符合下列规定：

- a) 精度和量程合理，具有良好的稳定性和可靠性；
- b) 定期进行检定或校准；
- c) 定期进行巡视检查、维护和保养。

8.2.6 采用新技术、新方法代替传统方法时，应与 8.2.4 规定的监测方法进行比对验证，其监测精度应符合 8.1.5 相关要求。

8.3 监测范围与监测点布置

- 8.3.1 城市轨道交通既有结构的监测范围宜按照 B.2 执行。
- 8.3.2 监测点应结合现状调查检测情况及安全评估结论，针对既有结构变形和内力的关键特征区域及病害区域进行布置，并应符合表 12 的规定。地下结构曲线段监测断面的间距应加密布置。

表12 监测点布置要求

序号	监测项目	监测点位置	监测断面间距 m		
			特级	一级	二级、三级
1	竖向位移	地下结构底板、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩	≤5	≤10	≤20
2	水平位移	地下结构底板、拱顶、侧墙；地面及高架结构桥面、结构顶部、桥墩	≤5	≤10	≤20
3	相对收敛	地下结构底板、拱顶、侧墙	≤5	≤10	≤20

- 8.3.3 变形缝张开量、裂缝、椭圆、轨道几何形位监测断面应根据既有结构特征和外部作业影响特征综合确定，振动速度监测点应设置在既有结构靠近振源处或薄弱部位。
- 8.3.4 监测点及监测设备不应影响城市轨道交通的正常运营；监测结束后，应及时对结构进行恢复。

8.4 监测频率与周期

- 8.4.1 城市轨道交通既有结构监测频率应能系统反映监测对象的重要变化过程及其变化时刻。监测实施过程中，应结合外部作业工况和数据变化情况动态调整监测频率。
- 8.4.2 城市轨道交通既有结构监测初始值应在测点布设稳定后、外部作业施工前及时采集，应取至少连续测量 3 次稳定值的平均值作为初始值，并宜考虑历史变形情况。
- 8.4.3 当出现以下情况时，应加密监测，同时加强外部作业的工况巡查和既有结构的巡查：
- a) 监测数据达到监测预警状态时；
 - b) 既有结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时。
- 8.4.4 外部作业采用爆破或强振动工艺施工时，应同步开展振动速度监测。
- 8.4.5 既有结构监测满足以下条件时，可结束监测工作：
- a) 外部作业为基坑工程：基坑回填完成且监测数据稳定；
 - b) 外部作业为隧道工程：二衬结构施工完成、管片结构施工完成且监测数据稳定；
 - c) 外部作业为道桥和管线工程：路面恢复、桥梁加载完成、管沟回填完成且监测数据稳定。

8.5 监测预警

- 8.5.1 监测预警等级应根据结构监测值的大小和变化趋势，以及其相应的结构安全控制值进行划分。划分等级与应对管理措施应符合表 13 的规定。

表13 监测预警等级划分及应对管理措施

监测预警等级	监测比值 G	应对管理措施
—	$G < 0.6$	可正常进行外部作业
黄色预警	$0.6 \leq G < 0.8$	监测预警，并采取加密监测点或提高监测频率等措施加强对轨道交通既有结构的监测

橙色预警	$0.8 \leq G < 1.0$	应暂停外部作业，进行施工过程安全评估工作，各方共同制定相应安全防护措施，并经审查后，开展后续工作
红色预警	$1.0 \leq G$	启动安全应急预案
监测比值（G）为监测项目累计实测值/结构安全控制值。		

8.5.2 当监测数据达到预警条件时，应按相应的预警等级及时发出预警信息。

9 信息化平台建设

- 9.1 城市轨道交通既有结构安全保护工作宜建设信息化平台，实现既有结构全生命周期安全保护工作的数字化、智能化。
- 9.2 平台应根据城市轨道交通既有结构安全保护工作需求及流程，采用模块化、可扩展的架构设计，遵循“统一规划、分期实现”的建设原则。
- 9.3 平台功能宜包含审查管理、巡查管理、监护管理、监测管理及接口管理等。
- 9.4 平台应具备城市轨道交通既有结构安全保护数据采集、处理、存储、分析、展示等功能。
- 9.5 平台应与其他外部系统兼容，数据互通，运行稳定，操作便捷。
- 9.6 平台宜兼容 BIM、GIS、遥感影像、激光扫描、自动化监测数据及监控视频等多源数据的集成管理与应用。
- 9.7 平台信息安全应满足二级等保要求。

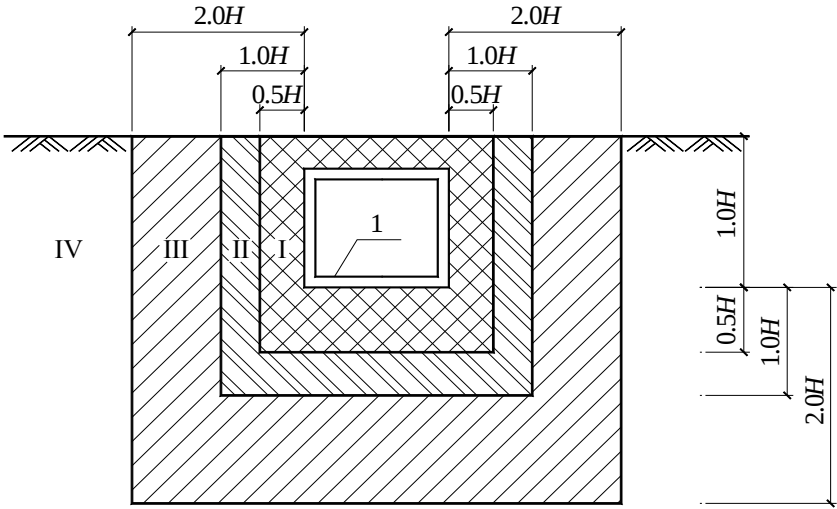
附 录 A
(规范性)
接近程度和外部作业的工程影响分区

A.1 外部作业接近程度

A.1.1 应结合城市轨道交通既有结构的施工方法及其与外部作业的相对空间位置关系等因素，应按表A.1及图A.1～图A.7确定外部作业的接近程度。

表A.1 接近程度的判定标准

城市轨道交通结构的施工方法	相对净距 m	接近程度
明挖、盖挖法	<0.5H	非常接近（Ⅰ）
	0.5H～1.0H	接近（Ⅱ）
	1.0H～2.0H	较接近（Ⅲ）
	>2.0H	不接近（Ⅳ）
矿山法 （包括浅埋、深埋矿山法隧道）	<1.0W	非常接近（Ⅰ）
	1.0W～1.5W	接近（Ⅱ）
	1.5W～2.5W	较接近（Ⅲ）
	>2.5W	不接近（Ⅳ）
盾构法或顶管法 （包括浅埋、深埋盾构法隧道）	<1.0D	非常接近（Ⅰ）
	1.0D～2.0D	接近（Ⅱ）
	2.0D～3.0D	较接近（Ⅲ）
	>3.0D	不接近（Ⅳ）
高架区间	<1.0B	非常接近（Ⅰ）
	1.0B～2.0B	接近（Ⅱ）
	2.0B～4.0B	较接近（Ⅲ）
	>4.0B	不接近（Ⅳ）
地面车站	<1.0L	非常接近（Ⅰ）
	1.0L～2.0L	接近（Ⅱ）
	2.0L～4.0L	较接近（Ⅲ）
	>4.0L	不接近（Ⅳ）
注1：H为明挖、盖挖法城市轨道交通既有结构的基坑开挖深度；W为矿山法城市轨道交通既有结构的隧道毛洞跨度；D为盾构法或顶管法城市轨道交通既有结构的隧道外径，圆形顶管结构的外径或矩形顶管结构的长边宽度；B为城市轨道交通既有高架区间结构的承台或墩基的长边宽度；L为城市轨道交通既有地面车站结构的边跨跨度。 注2：浅埋、深埋矿山法隧道分别指的是隧道顶埋深小于3.0W和大于3.0W的隧道，浅埋、深埋盾构法隧道分别指的是隧道顶埋深小于3.0D和大于3.0D的隧道。 注3：相对净距指外部作业的结构外边线与城市轨道交通结构外边线的最小净距离。		



标引序号说明：

1——明挖、盖挖法既有结构；

I ——非常接近；

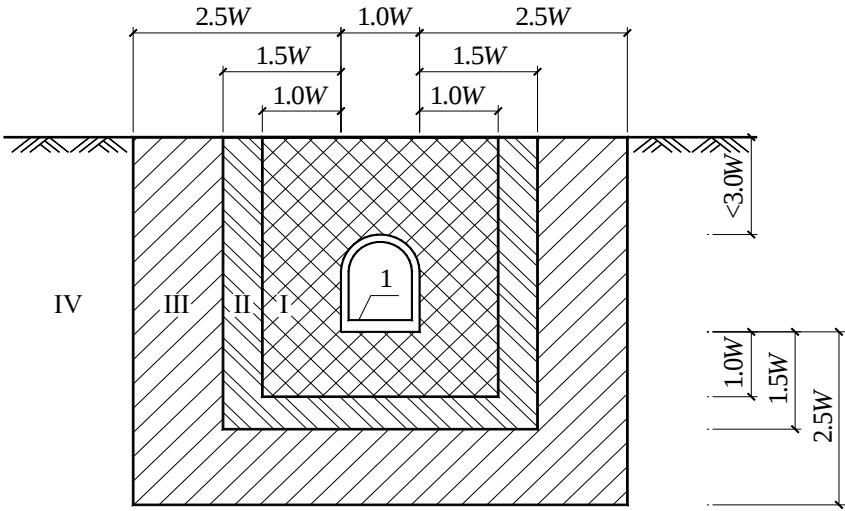
II ——接近；

III ——较接近；

IV ——不接近；

H——明挖、盖挖法城市轨道交通既有结构的基坑开挖深度。

图A.1 明挖、盖挖法既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——浅埋矿山法既有结构；

I ——非常接近；

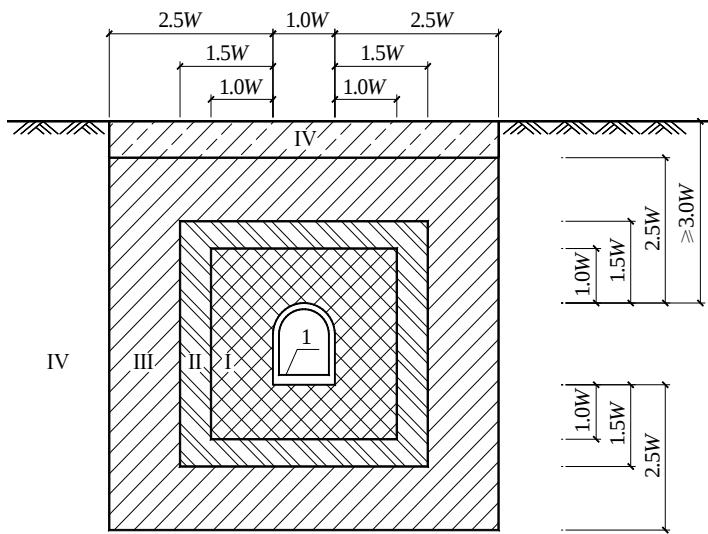
II ——接近；

III ——较接近；

IV ——不接近；

W——矿山法城市轨道交通既有结构的隧道毛洞跨度。

图A.2 浅埋矿山法既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——深埋矿山法既有结构；

I——非常接近；

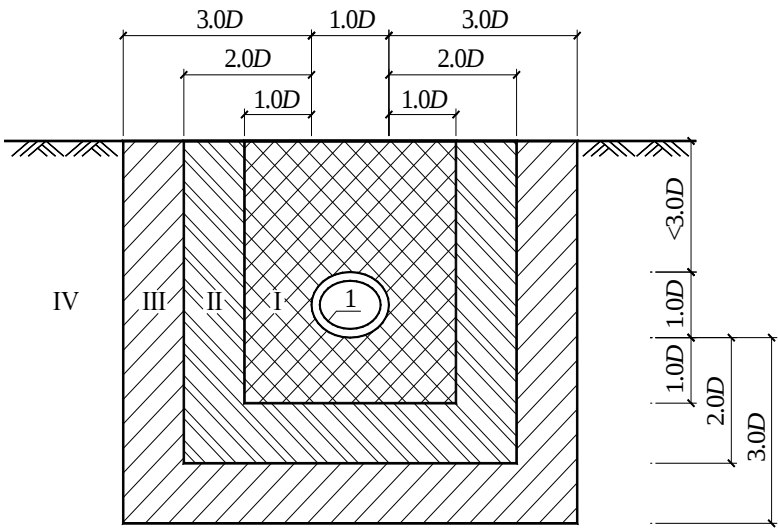
II——接近；

III——较接近；

IV——不接近；

W——矿山法城市轨道交通既有结构的隧道毛洞跨度。

图A.3 深埋矿山法既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——浅埋盾构法或顶管法既有结构；

I——非常接近；

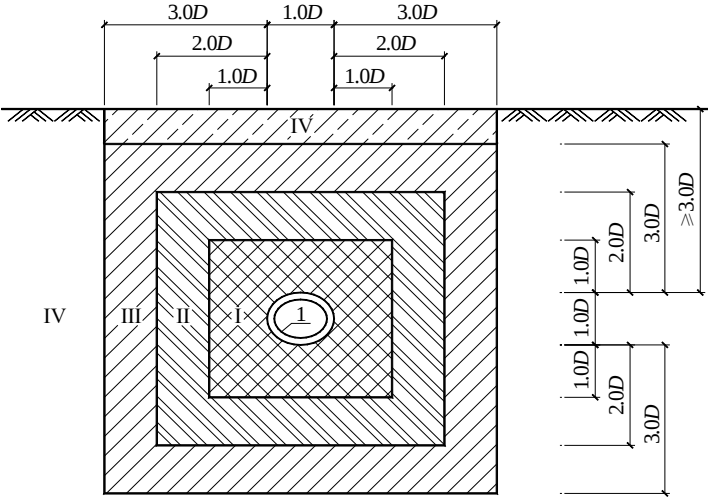
II——接近；

III——较接近；

IV——不接近；

D——盾构法或顶管法城市轨道交通既有结构的隧道外径，圆形顶管结构的外径或矩形顶管结构的长边宽度。

图A.4 浅埋盾构法或顶管法既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——深埋盾构法或顶管法既有结构；

I ——非常接近；

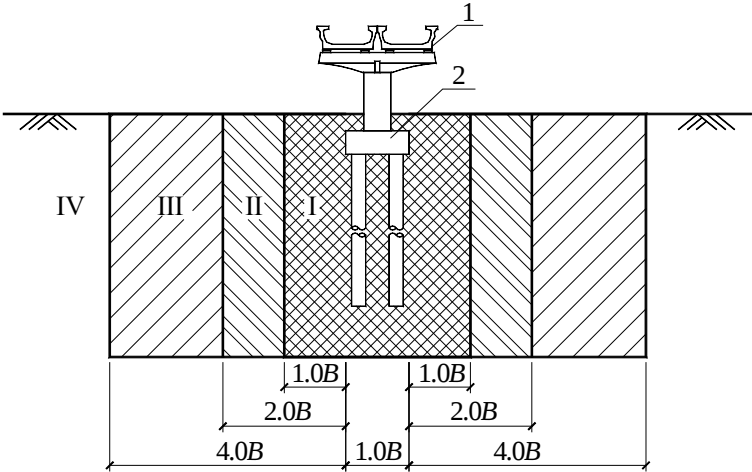
II ——接近；

III ——较接近；

IV ——不接近；

D——盾构法或顶管法城市轨道交通既有结构的隧道外径，圆形顶管结构的外径或矩形顶管结构的长边宽度。

图A. 5 深埋盾构法或顶管法既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——高架区间既有结构；

2——承台；

I ——非常接近；

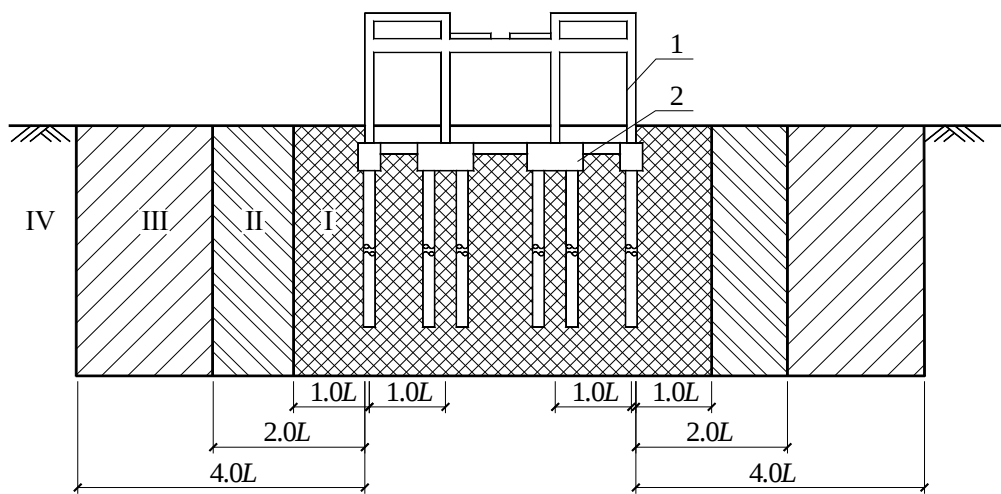
II ——接近；

III ——较接近；

IV ——不接近；

B——城市轨道交通既有高架区间结构的承台或墩基的长边宽度。

图A. 6 高架区间既有结构的接近程度判定



标引序号说明：

1——地面车站既有结构；

2——承台；

I——非常接近；

II——接近；

III——较接近；

IV——不接近；

L——城市轨道交通既有地面车站结构的边跨跨度。

图A. 7 地面车站既有结构的接近程度判定

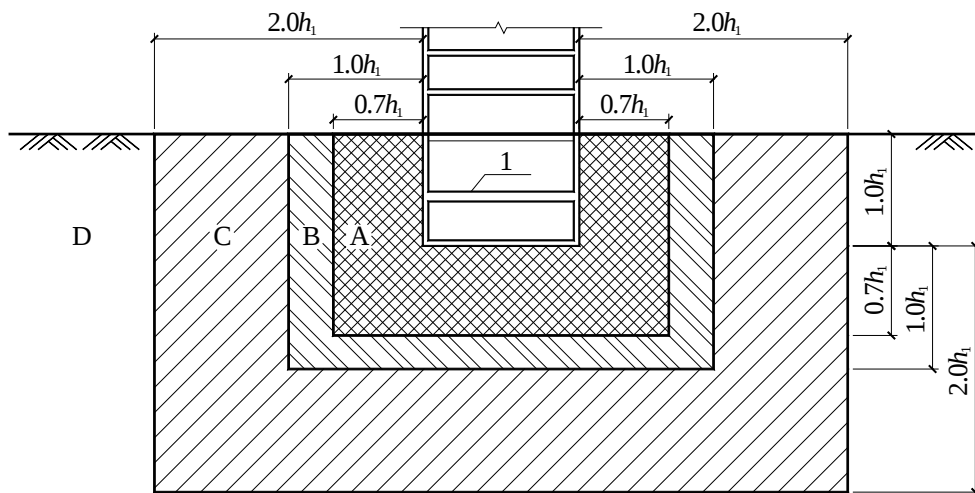
A. 1. 2 当外部作业采用爆破法实施时，接近程度应根据相关工程经验和爆破专项安全评估成果调整。

A. 2 外部作业的工程影响分区

A. 2. 1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区宜按表A. 2和图A. 8确定。

表A. 2 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	结构正上方及外侧 0. 7h ₁ 范围内
显著影响区（B）	结构外侧 0. 7h ₁ ~1. 0h ₁ 范围
一般影响区（C）	结构外侧 1. 0h ₁ ~2. 0h ₁ 范围
轻微影响区（D）	结构外侧 2. 0h ₁ 范围以外
注：h ₁ 为明挖、盖挖法外部作业结构底板的埋深。	



标引序号说明：

1——明挖、盖挖法外部作业；

A——强烈影响区；

B——显著影响区；

C——一般影响区；

D——轻微影响区；

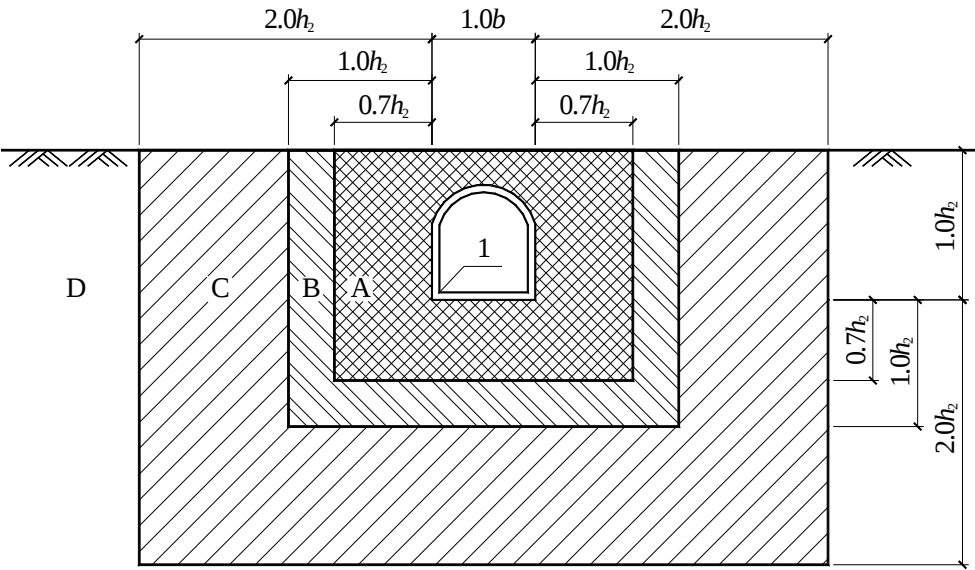
h₁——明挖、盖挖法外部作业结构底板的埋深。

图A. 8 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

A. 2. 2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区宜按表A. 3和图A. 9确定。

表A. 3 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	隧道正上方及外侧 0. 7h ₂ 范围内
显著影响区（B）	隧道外侧 0. 7h ₂ ~1. 0h ₂ 范围
一般影响区（C）	隧道外侧 1. 0h ₂ ~2. 0h ₂ 范围
轻微影响区（D）	隧道外侧 2. 0h ₂ 范围以外
注 1：h ₂ 为矿山法和盾构法外部作业隧道的底板埋深。	
注 2：本表适用于矿山法和盾构法外部作业的浅埋隧道，隧道顶埋深小于 3b（b 为隧道毛洞跨度）。	



标引序号说明：

1——浅埋矿山法或盾构法外部作业；

A——强烈影响区；

B——显著影响区；

C——一般影响区；

D——轻微影响区；

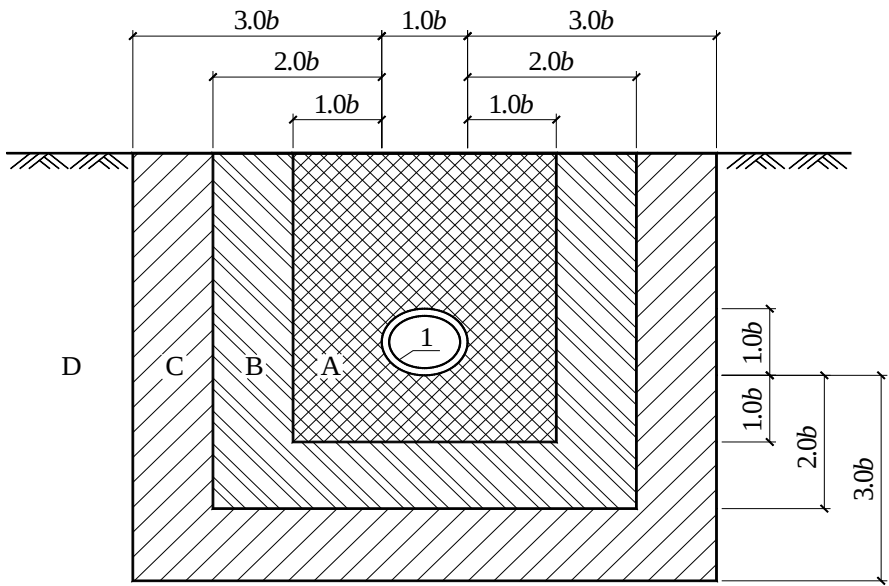
h_2 ——矿山法和盾构法外部作业隧道的底板埋深。

图A. 9 浅埋矿山法或盾构法外部作业的工程影响分区

A. 2. 3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区宜按表 A. 4和图 A. 10确定。

表A. 4 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	隧道正上方及外侧 1. 0b 范围内
显著影响区（B）	隧道外侧 1. 0b~2. 0 范围
一般影响区（C）	隧道外侧 2. 0b~3. 0b 范围
轻微影响区（D）	隧道外侧 3. 0b 范围以外
注 1：b 为矿山法和盾构法外部作业隧道的毛洞跨度。	
注 2：本表适用于矿山法和盾构法隧道顶埋深大于 3b（b 为隧道毛洞跨度）的深埋隧道。	



标引序号说明：

1——深埋矿山法或盾构法外部作业；

A——强烈影响区；

B——显著影响区；

C——一般影响区；

D——轻微影响区；

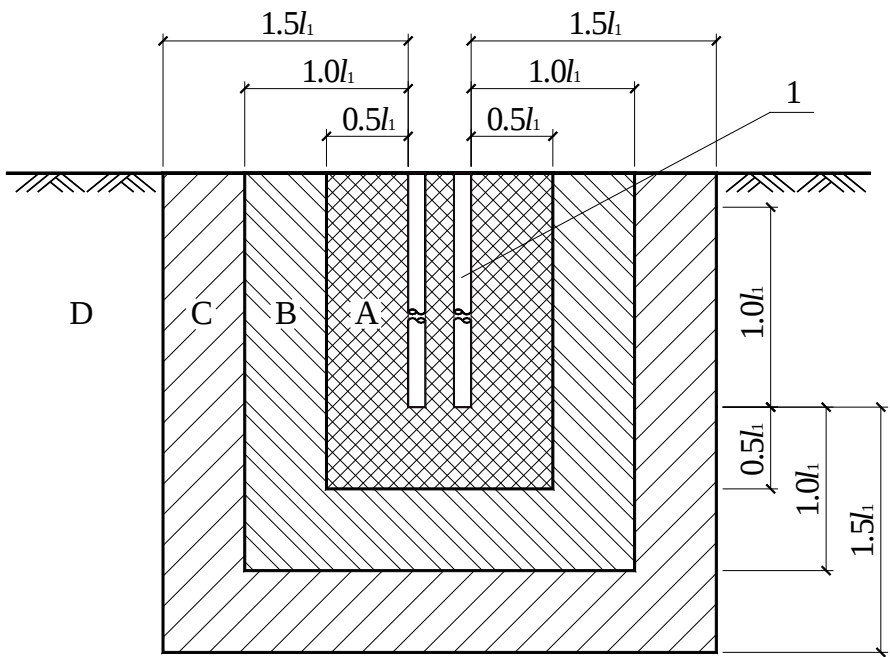
b——矿山法和盾构法外部作业隧道的毛洞跨度。

图A. 10 深埋矿山法或盾构法外部作业的工程影响分区

A. 2. 4 桩基（挤土桩）工程外部作业的工程影响分区宜按表A. 5和图A. 11确定。

表A. 5 桩基（挤土桩）工程外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	桩身外侧 $0.5l_1$ 范围内
显著影响区（B）	桩身外侧 $0.5l_1 \sim 1.0l_1$ 范围
一般影响区（C）	桩身外侧 $1.0l_1 \sim 1.5l_1$ 范围
轻微影响区（D）	桩身外侧 $1.5l_1$ 范围以外
注： l_1 为桩基（挤土桩）的桩长。	



标引序号说明：

1——桩基（挤土桩）工程外部作业；

A——强烈影响区；

B——显著影响区；

C——一般影响区；

D——轻微影响区；

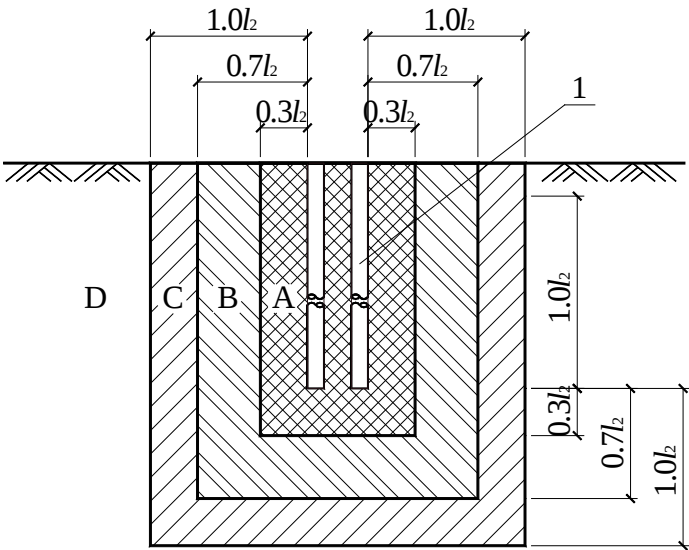
l_1 ——桩基（挤土桩）的桩长。

图A.11 桩基（挤土桩）工程外部作业的工程影响分区

A.2.5 桩基（非挤土桩）工程外部作业的工程影响分区宜按表A.6和图A.12确定。

表A.6 桩基（非挤土桩）工程外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	桩身外侧 0.3 l_2 范围内
显著影响区（B）	桩身外侧 0.3 l_2 ~0.7 l_2 范围
一般影响区（C）	桩身外侧 0.7 l_2 ~1.0 l_2 范围
轻微影响区（D）	桩身外侧 1.0 l_2 范围以外
注： l_2 为桩基（非挤土桩）的桩长。	



标引序号说明：

1——桩基（非挤土桩）工程外部作业；

A——强烈影响区；

B——显著影响区；

C——一般影响区；

D——轻微影响区；

l_2 ——桩基（非挤土桩）的桩长。

图A.12 桩基（非挤土桩）工程外部作业的工程影响分区

A.2.6 拖管法或顶管法外部作业的工程影响分区可参照矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区确定。

A.2.7 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平和竖向投影位置为准。

附录 B
(资料性)
既有结构现状调查及监测范围

B.1 既有结构现状调查范围

不同影响等级的外部作业，其对应的城市轨道交通既有结构现状调查范围宜参照表B.1执行。

表B.1 既有结构现状调查范围

外部作业 类型	外部作业影响等级				
	特级	一级	二级	三级	四级
基坑工程	正对范围+两侧各 6h	正对范围+两侧各 4h~6h	正对范围+两侧各 4h	正对范围+两侧各 2h	正对范围
隧道工程	正对范围+两侧不 小于 50m 或 6b	正对范围+两侧不 小于 30m 或 4b	正对范围+两侧不 小于 20m	正对范围+两侧不 小于 10m	正对范围
其它工程	正对范围+两侧不 小于 30m	正对范围+两侧不 小于 20m	正对范围+两侧不 小于 10m	正对范围	正对范围
注：h表示基坑开挖深度；b表示隧道外径或宽度。					

B.2 既有结构监测范围

B.2.1 外部作业为基坑工程、管线工程和道路工程时，既有结构监测范围宜参照表B.2~表B.4执行。

表B.2 基坑工程作业时既有结构的监测范围

监测项目	外部作业影响等级			
	特级	一级	二级	三级
竖向位移	正对范围+两侧各 6h	正对范围+两侧各 4h~6h	正对范围+两侧各 4h	正对范围+两侧各 2h
水平位移	正对范围+两侧各 6h	正对范围+两侧各 4h~6h	正对范围+两侧各 4h	正对范围+两侧各 2h
相对收敛	正对范围+两侧各 6h	正对范围+两侧各 4h~6h	正对范围	正对范围
注：h 为基坑开挖深度。				

表B.3 隧道、管线工程作业时既有结构的监测范围

监测项目	外部作业影响等级			
	特级	一级	二级	三级
竖向位移	正对范围+两侧各 30 m~80 m	正对范围+两侧各 10 m~30 m	正对范围+两侧各 5 m	正对范围
水平位移	正对范围+两侧各 30 m~80 m	正对范围+两侧各 10 m~30 m	正对范围+两侧各 5 m	正对范围
相对收敛	正对范围+两侧各 30 m~80 m	正对范围+两侧各 10 m~30 m	正对范围	正对范围

表B.4 道路工程作业时既有结构的监测范围

监测项目	外部作业影响等级			
	特级	一级	二级	三级
竖向位移	正对范围+两侧各 20 m	正对范围+两侧各 10 m	正对范围+两侧各 5 m	正对范围
水平位移	正对范围+两侧各 20 m	正对范围+两侧各 10 m	正对范围+两侧各 5 m	正对范围
相对收敛	正对范围+两侧各 20 m	正对范围+两侧各 10 m	正对范围	正对范围

B.2.2 其它工程可根据工程类型、外部作业影响等级参照表B.2～表B.4进行监测范围划分。

B.2.3 竖向位移、水平位移、相对收敛等不同测项的监测范围可有所区分；外部作业对应区段两侧的延伸范围内监测点间距可适当放宽。
